

Evaluasi Keamanan dan Kesesuaian Struktur pada Gedung Asimetrik *High Rise Building* Bermodel *Corner Arch*

Evaluation of Safety and Structural Appropriateness of Asymmetric High Rise Building with Corner Arch Style

Ayuddin*

Program Studi Teknik Sipil Bangunan Gedung (TSBG), Fakultas Teknik, Universitas Negeri Makassar,
Sulawesi Selatan, Indonesia

*Email: ayuddin@unm.ac.id

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis struktur bangunan kantor di Kabupaten Donggala, Sulawesi Tengah menggunakan software ETABS. Analisis dilakukan untuk mengevaluasi keamanan dan kesesuaian desain struktur terhadap standar perencanaan yang berlaku. Dengan menggunakan ETABS V.18, perhitungan gaya dalam pada elemen struktur meliputi gaya aksial, gaya geser, momen, dan torsi. Hasil analisis menunjukkan bahwa seluruh elemen struktur memenuhi persyaratan desain dan dinyatakan aman, sehingga tidak diperlukan evaluasi lebih lanjut terhadap struktur bangunan. Nilai gaya aksial yang diperoleh sebesar -7934.6291 kN, gaya geser 81.2893 kN, momen 92.7019 kN.m², dan torsi 8.0531 kN. Dengan demikian, desain struktur yang telah dirancang dapat diandalkan dalam menahan beban yang bekerja sesuai dengan standar yang berlaku.

Kata Kunci: Evaluasi Struktur; Gedung asimetrik; Keamanan Struktur

Abstract

This research aims to analyze the structure of office buildings in Donggala Regency, Central Sulawesi using ETABS software. The analysis is carried out to evaluate the safety and conformity of the structural design to the applicable planning standards. By using ETABS V.18, the calculation of internal forces on structural elements includes axial forces, shear forces, moments, and torsions. The analysis results show that all structural elements meet the design requirements and are declared safe, so no further evaluation of the building structure is required. The axial force value obtained was -7934.6291 kN, shear force 81.2893 kN, moment 92.7019 kN.m², and torque 8.0531 kN. Thus, the structural design that has been designed is reliable in withstanding the loads that work in accordance with applicable standards.

Keywords: Structure Evaluation; Asymmetric Building Structural Safety

PENDAHULUAN

Penggunaan struktur beton bertulang dalam konstruksi bangunan bertingkat, khususnya perkantoran, merupakan aspek fundamental dalam perencanaan struktural. Beton bertulang dipilih karena memiliki karakteristik kekuatan yang tinggi, durabilitas yang baik, serta kemampuan menahan beban yang signifikan, sehingga

sesuai dengan standar keselamatan dan Ketahanan bangunan. Seiring dengan pesatnya perkembangan infrastruktur perkotaan, kebutuhan akan bangunan yang efisien dan tahan lama semakin meningkat. Dalam melakukan analisis suatu bangunan mengacu pada Standar Nasional Indonesia (SNI) [1–2].

Struktur bangunan beton bertulang bertingkat tinggi berisiko mengalami

kegagalan jika perencanaannya tidak dilakukan secara cermat. Oleh sebab itu, diperlukan suatu perencanaan struktur yang akurat dan terperinci guna memastikan bangunan memenuhi standar kekuatan (*strength*), kenyamanan (*serviceability*), keselamatan (*safety*), serta ketahanan terhadap umur rencana bahkan memenuhi standar ketahanan gempa [3–4]. Salah satu aspek penting yang harus diperhatikan adalah kemampuan struktur dalam menahan gaya lateral akibat gempa bumi. Jika struktur tidak mampu menahan beban gempa, maka risiko kerusakan pada bangunan akan meningkat.

Pemanfaatan perangkat lunak ETABS (*Extended Three-Dimensional Analysis of Building Systems*) memberikan kemudahan dalam pemodelan struktur gedung secara tiga dimensi. Perangkat lunak ini memungkinkan simulasi perilaku struktur dengan mempertimbangkan elemen-elemen utama, seperti kolom, balok, pelat, dan dinding geser. Selain itu, penggunaan ETABS selaras dengan standar nasional, seperti SNI 1726:2019 mengenai Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk

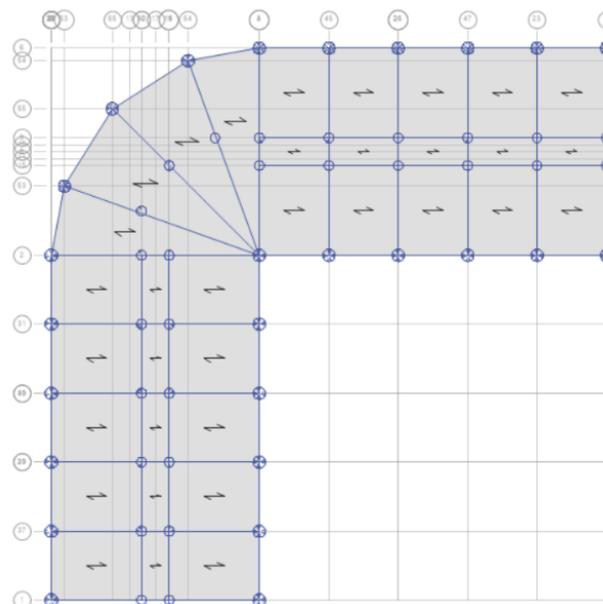
Struktur Bangunan Gedung dan Non-Gedung serta SNI 2847:2019 yang mengatur tentang beton bertulang [5].

Studi kasus dalam penelitian ini adalah perencanaan bangunan kantor di Kab. Donggala Sulawesi Tengah yang menggunakan struktur beton bertulang. Penelitian ini difokuskan dengan analisa struktur sesuai dengan SNI 1727:2020 dan perhitungan beban gempa sesuai SNI 1726:2019 [6–7]. Oleh karena itu, tujuan penelitian adalah untuk menganalisis struktur bangunan kantor di Kab Donggala, Sulawesi Tengah dengan *software Etabs*.

METODE PENELITIAN

Deskripsi Bangunan

Bangunan ini merupakan struktur gedung bertingkat untuk fungsi perkantoran menggunakan sistem struktur beton bertulang dengan sistem grid kolom dan balok. Bangunan berbentuk L dan terdapat bagian sudut dengan konfigurasi plat segitiga. Bangunan dirancang untuk menahan beban vertikal dan beban lateral.



Gambar 1. Portal Denah

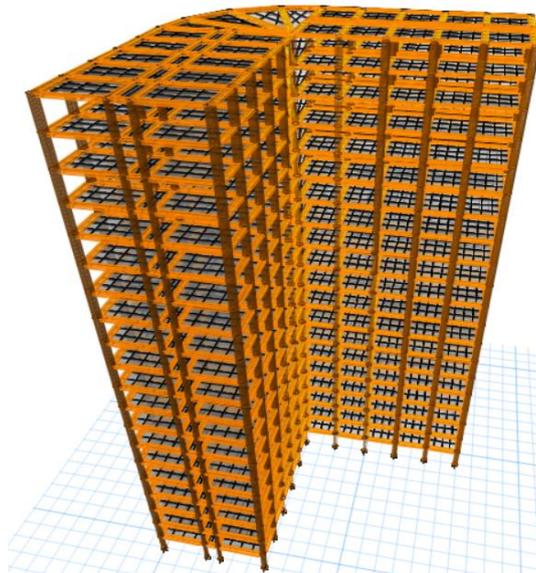
Model Referensi Bangunan

Pemodelan bangunan menggunakan perangkat lunak analisis struktur ETABS VERSI 2018. Properti material beton bertulang. Subjek penelitian ini adalah bagian struktur atas dengan:

- Mutu beton (FC) = K350 atau 30 Mpa
- Mutu baja (Fy) = d40 atau 400 Mpa
- Modulus elastisitas beton, $E_c = 4700\sqrt{F_c}$
- Diameter ≤ 10 mm (kode Ø) menggunakan baja tulangan polos BJTP 24 dengan tegangan leleh, $F_y = 240$ Mpa

- Diameter ≥ 25 mm (kode Ø) menggunakan baja tulangan polos BJTD 40 dengan tegangan leleh, $F_y = 400$ Mpa.

Struktur bangunan terdiri dari 20 lantai direncanakan dengan kolom silinder (*concrete circle*) dengan diameter kode K1 (900), K2 (700). Balok terdiri atas 2 tipe dengan kode B1 untuk balok induk (300×700) dan B2 untuk balok anak (250×500). Menggunakan plat lantai dengan tebal 120 mm dan pada atap menggunakan dak beton cor dengan tebal 150 mm. pemodelan dengan *software* ETABS.



Gambar 2. Portal 3D Bangunan

Pembebanan

Struktur gedung yang telah dirancang memikul beban-beban dari bangunan itu sendiri, juga memikul beban yang tetap ataupun tidak tetap. Dalam penentuan beban yang terjadi pada bangunan, menurut ketentuan dibedakan sebagai berikut.

Beban Mati

Beban mati adalah beban yang dihasilkan dari berat suatu gedung itu sendiri yang bersifat tetap, termasuk segala unsur tambahan yang bersifat tetap, mesin-mesin serta peralatan tetap yang merupakan bagian tak terpisahkan dari gedung itu.

Tabel 1. Beban Mati Tambahan Plat Lantai

Spesi t 2cm	0.4 kN/m ²	SNI 1727:2020
Keramik lantai	0.24 kN/m ²	SNI 1727:2020
Plafond	0.4 kN/m ²	SNI 1727:2020
Penggantung plafond	0.1 kN/m ²	SNI 1727:2020
MEP	0.3 kN/m ²	SNI 1727:2020
Total SiDI Plat	1.44 kN/m²	

Tabel 2. Beban Mati Tambahan Atap

Plafond	0.4 kN/m ²	SNI 1727:2020
Penggantung plafond	0.1 kN/m ²	SNI 1727:2020
MEP	0.3 kN/m ²	SNI 1727:2020
<i>Waterproofing</i>	0.02 kN/m ²	SNI 1727:2020
Material Inlusi	0.1 kN/m ²	SNI 1727:2020
Finishing Atap	0.4 kN/m ²	SNI 1727:2020
Total SiDI Atap	1.32 kN/m²	

Tabel 3. Beban Mati Tambahan Balok

Pasangan ½ Bata	0.25 kN/m ²	SNI 1727:2020
Tinggi Dinding	4 m	SNI 1727:2020
Total SiDI Balok	1.00 kN/m²	

Beban Hidup

Beban hidup adalah semua beban yang terjadi akibat penghunian suatu gedung atau penggunaan suatu gedung dan segala sesuatu yang ada didalamnya termasuk beban lantai yang berasal dari barang-barang yang dapat berpindah, mesin-mesin yang bersifat dapat dipindah atau tidak memiliki tempat yang permanen.

- Beban hidup lantai : Lantai Perkantoran 2.5 kN/m²
- Beban merata atap : 1.33 kN/m²

Beban Gempa

Beban gempa adalah semua beban statis yang bekerja pada sebuah gedung atau bagian gedung yang menirukan pengaruh dari gerakan tanah akibat gempa itu.

Tabel 4. Beban Gempa

Lokasi Bangunan	Kab. Donggala	
Latitude	-0.76058	
Longitude	119.68	
S _s (g)	1.33	(puskim.pu.go.id)
S ₁ (g)	0.554	(puskim.pu.go.id)
F _A	1.00	(puskim.pu.go.id)
F _V	1.76	(puskim.pu.go.id)
PGA (g)	0.60	(puskim.pu.go.id)
S _{MS}	1.335	(puskim.pu.go.id)
S _{M1}	0.975	(puskim.pu.go.id)
S _{DS}	0.89	(puskim.pu.go.id)
S _{D1}	0.65	(puskim.pu.go.id)
T ₀	0.15	(puskim.pu.go.id)
T _s	0.73	(puskim.pu.go.id)
Kategori risiko bangunan	II	(SNI 1726:2019)
Faktor Keutamaan gempa	1	(SNI 1726:2019)
Klasifikasi Situs	SD (Tanah Sedang)	(SNI 1726:2019)
Periode Transisi, TL	16	

Kombinasi Pembebanan

berdasarkan SNI 1726:2019 yaitu :

Load combination diperoleh 22 combo

Tabel 5. Kombinasi Pembebanan

No.	Kombinasi Beban	DL+SiDI	LL	Lr	EqL X	EqL Y
1	Comb 1	1.40				
2	Comb 2	1.20	1.60	0.50		
3	Comb 3.1	1.20	1.00	1.60		
4	Comb 3.2	1.20		1.60		
5	Comb 4	1.20	1.00	0.50		
6	Comb 5	0.90				
7	Gempa 6.1	1.40	1.00		1.30	0.39
8	Gempa 6.2	1.40	1.00		1.30	-0.39
9	Gempa 6.3	1.40	1.00		-1.30	-0.39
10	Gempa 6.4	1.40	1.00		-1.30	0.39
11	Gempa 6.5	1.40	1.00		0.39	1.30
12	Gempa 6.6	1.40	1.00		0.39	-1.30
13	Gempa 6.7	1.40	1.00		-0.39	-1.30
14	Gempa 6.8	1.40	1.00		-0.39	1.30
15	Gempa 7.1	0.70			1.30	0.39
16	Gempa 7.2	0.70			1.30	-0.39
17	Gempa 7.3	0.70			-1.30	-0.39
18	Gempa 7.4	0.70			-1.30	0.39
19	Gempa 7.5	0.70			0.39	1.30
20	Gempa 7.6	0.70			0.39	-1.30
21	Gempa 7.7	0.70			-0.39	-1.30
22	Gempa 7.8	0.70			-0.39	1.30

Peraturan Yang Dipakai

1. Tata cara perhitungan struktur beton SNI 2847:2019 (Badan Standardisasi Nasional, 2019)
2. Peraturan pembeban (SNI 1727-2020, 2020)
3. Tata cara perencanaan bangunan gempa (SNI 1726:2019, 2019)

Metode Perencanaan dan Perhitungan

Metode-metode yang dipakai dalam analisa dan perhitungan adalah sebagai berikut:

1. Menggunakan metode Struktur Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM).

2. Untuk menganalisa gaya gempa dan gaya gravitasi pada struktur sekunder dan primer digunakan bantuan program ETABS V.18.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Respon Seismik Struktur

Ragam seismik struktur mempresentasikan respon struktur terhadap getaran gempa bumi sehingga harus dikontrol yang meliputi mode kombinasi ragam, jumlah ragam dan pemeriksaan gaya geser dasar statik VS gaya geser dinamik [8–9].

Tabel 6. Modal Kombinasi Ragam

Mode	Periode	Selisih (%)
1	18.091	0.00
2	18.091	0.00
3	18.091	0.00
4	18.091	0.00
5	6.349	64.91
6	6.327	0.35
7	5.229	17.35
8	2.895	44.64

9	2.895	0.00
10	2.895	0.00
11	2.895	0.00
12	1.95	32.64

Sesuai pasal 7.9.1.1 SNI 1726:2019, analisis modal dilakukan untuk menentukan periode getar alami struktur. Jumlah mode yang perlu dianalisis harus cukup untuk mencapai partisipasi massa sebesar 100%.

Sesuai ketentuan SNI 1726:2019 pasal 7.9.1.4.1 gaya geser dasar hasil analisis dinamik (Vd) harus memiliki nilai minimal 100% dari gaya geser dasar statik (Vs).

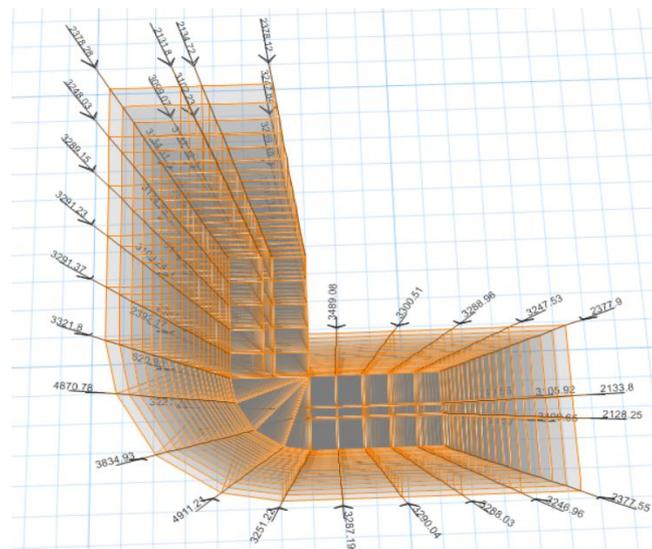
Tabel 7. Base Reaction Untuk Gaya Geser Dasar

Geser Dasar	Statik (Vs) kN	Dinamik (Vd) kN	Kontrol Vd>100% Vs
X Direction	6748.0989	7828.0575	OK
Y Direction	6748.0989	7884.0843	OK

Reaksi Tumpuan

Reaksi tumpuan adalah gaya atau momen yang bekerja pada tumpuan suatu struktur untuk menjaga kesetimbangan akibat beban yang bekerja pada struktur

tersebut. Reaksi ini muncul sebagai respons terhadap gaya-gaya eksternal yang diterima oleh struktur dan bergantung pada jenis tumpuan, beban yang bekerja, serta konfigurasi struktur.



Gambar 3. Reaksi Tumpuan Sumbu Z

Reaksi tumpuan yang bekerja terdiri dari 3 sumbu, yaitu sumbu X, Y, Z. gambar 3 menunjukkan reaksi pada sumbu Z.

Gaya-Gaya Dalam

Pada suatu struktur bangunan, gaya-gaya dalam memiliki peranan yang penting. Momen terjadi apabila sebuah gaya bekerja mempunyai jarak tertentu dari titik yang akan menahan momen tersebut dan besarnya

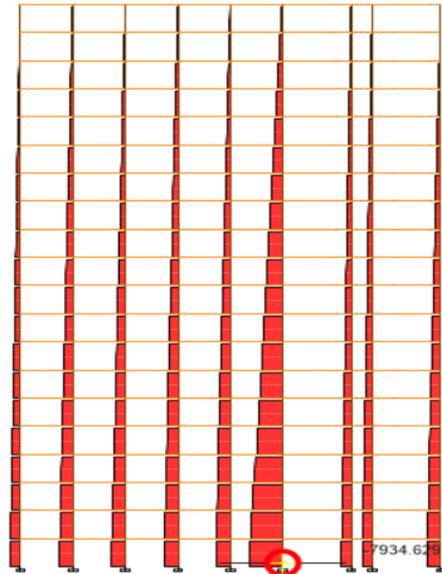
momen tersebut merupakan besarnya gaya dikalikan dengan jaraknya.

Diagram gaya dalam merupakan gambaran diagram yang menunjukkan besaran gaya, baik itu gaya geser, gaya momen, gaya aksial dan torsi yang bekerja pada struktur.

Gaya Aksial

Gaya aksial adalah gaya yang sejajar

dengan sumbu anggota. Beban aksial adalah gaya dalam vertikal.



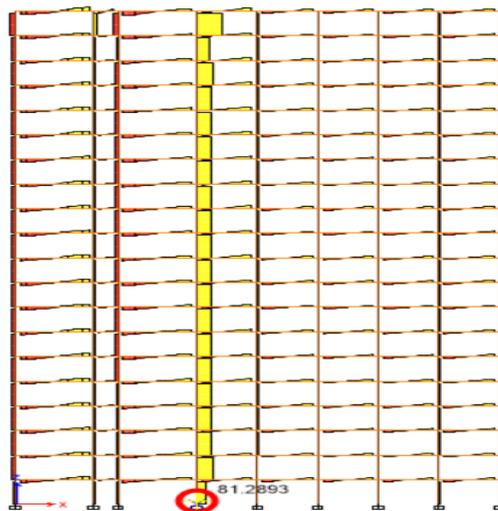
Gambar 4. Diagram Gaya Dalam Aksial

Gambar 4 merupakan tampilan dari diagram gaya aksial terhadap kolom pada elevasi 4. Terlihat bahwa gaya aksial yang besar terjadi pada tumpuan dengan besaran gaya -7934.6291 kN.

Gaya Geser

Gaya geser dalam adalah gaya internal

yang terjadi pada suatu elemen struktur akibat adanya gaya luar yang bekerja secara sejajar dengan permukaan penampang elemen tersebut. Gaya ini bekerja dalam arah horizontal atau sejajar dengan bidang penampang dan berusaha menyebabkan elemen struktur meluncur satu terhadap yang lain.



Gambar 5. Diagram Gaya Dalam Geser 2-2

Gambar 5 merupakan tampilan dari diagram gaya-gaya geser 2.2 yang terjadi

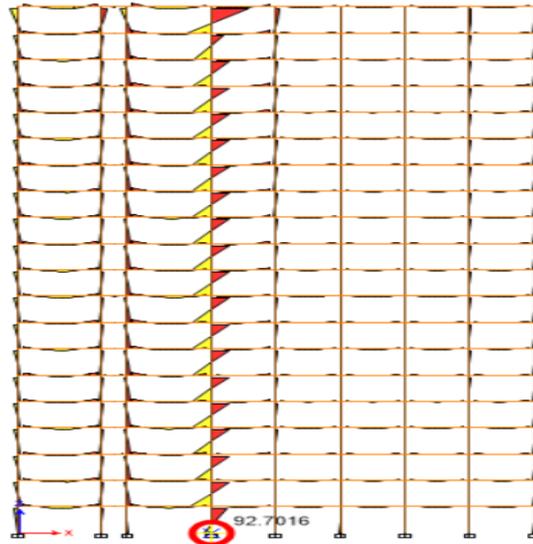
terhadap *frame*. Gaya geser 2.2 merupakan gaya yang terjadi terhadap arah sumbu local

2 (sumbu lemah) pada frame. Terlihat bahwa gaya geser yang besar yaitu 81.2893 kN.

Momen

Momen adalah besaran yang

mengukur kecenderungan suatu gaya untuk menyebabkan rotasi atau puntiran pada suatu benda atau struktur di sekitar titik atau sumbu tertentu.

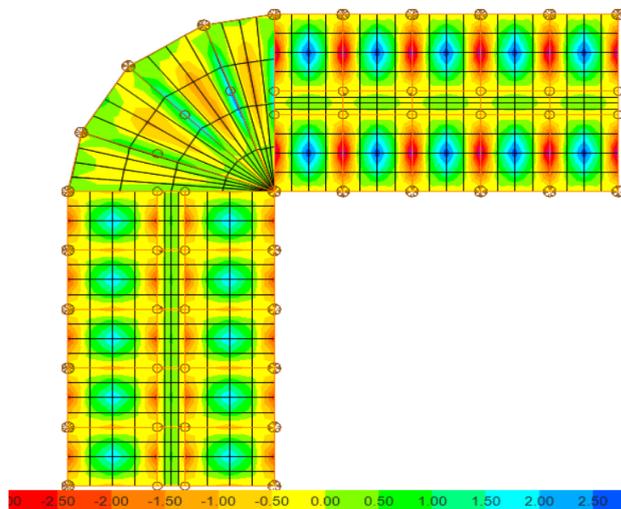


Gambar 6. Diagram Gaya Dalam Momen 3-3

Gambar 6 merupakan tampilan dari diagram gaya-gaya momen 3.3 yang terjadi terhadap *frame*. Momen lentur 3.3 merupakan gaya yang terjadi terhadap arah sumbu local 3 (sumbu kuat) pada *frame*. Terlihat bahwa momen lentur yang besar yaitu 92.7019 kN.m².

Momen Shell

Momen *shell* adalah gaya dalam yang terjadi pada elemen struktur pelat dan dinding (*shell*) yang disebabkan oleh kombinasi beban luar.



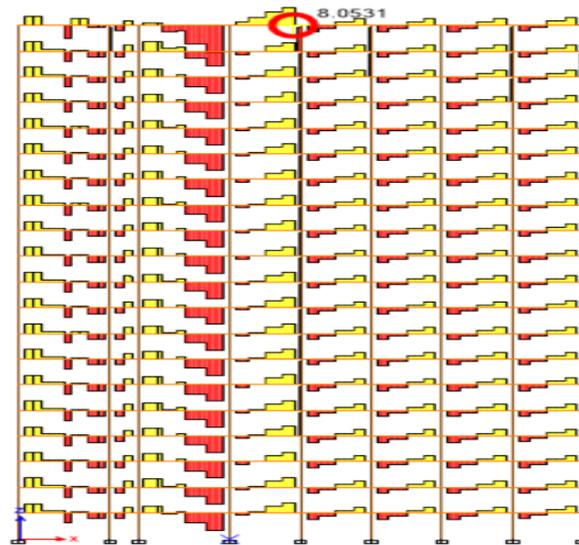
Gambar 7. Gaya Dalam Momen Lentur Plat M11

Gambar 7 momen lentur M11 merupakan gaya yang terjadi terhadap arah sumbu local 1 pada frame. Terlihat bahwa momen lentur ditandai dengan warna yang berbeda. dimulai dari warna ungu yang mewakili momen negatif terbesar dan warna biru tua yang mewakili momen positif

terbesar.

Torsi

Torsi adalah besaran yang menggambarkan kecenderungan suatu gaya untuk menyebabkan rotasi atau puntiran pada suatu benda di sekitar sumbu tertentu.



Gambar 8. Tampilan Torsi

Berdasarkan gambar 8, tampak bahwa gaya terbesar yang bekerja pada struktur adalah sebesar 8.0531 kN. Hasil analisis struktur yang dilakukan menggunakan perangkat lunak ETABS versi 18 menunjukkan bahwa struktur gedung kantor di Kabupaten Donggala, Sulawesi Tengah, berada dalam kondisi aman dan telah memenuhi ketentuan yang berlaku sesuai dengan Standar Nasional Indonesia (SNI). Oleh karena itu, tidak diperlukan evaluasi ulang terhadap struktur perencanaannya. Adapun hasil detail dari analisis struktur tersebut meliputi gaya aksial sebesar -7934.6291 kN, gaya geser sebesar 81.2893 kN, momen sebesar 92.7019 kN.m², dan torsi sebesar 8.0531 kN.

KESIMPULAN

Adapun kesimpulan dari penelitian dan pembahasan yang telah dilakukan

diketahui bahwa Perencanaan Gedung Kantor di Kota Donggala, Sulawesi Tengah dinyatakan aman memenuhi persyaratan perencanaan struktur dari hasil analisis yang dilakukan dengan menggunakan software ETABS. Berdasarkan dari hasil analisis yang dilakukan dengan menggunakan software ETABS diperoleh hasil desain elemen struktur lebih dominan dipengaruhi oleh kombinasi-kombinasi beban. Gaya-gaya dalam dari elemen struktur kolom lebih dominan dipengaruhi oleh kombinasi beban.

UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan terima kasih kepada segenap dosen Teknik Sipil Bangunan Gedung (TSBG) Fakultas Teknik, Universitas Negeri Makassar atas dukungannya hingga terbitnya jurnal ini.

DAFTAR PUSTAKA

2025.

- [1] Ayuddin, *Konsep Konstruksi Tahan Gempa*. Makassar: UPT Badan Penerbit UNM, 2017.
- [2] A. Ayuddin, "Global structural analysis of high-rise hospital building using earthquake resistant design approach," *Sinergi*, vol. 24, no. 2, pp. 95–108, 2020.
- [3] A. Ayuddin, "Analisis Struktur Perencanaan Gedung Kantor Dengan Software ETABS," *Tek. Sains J. Ilmu Tek.*, vol. 9, no. 2, pp. 280–291, 2024.
- [4] A. Ayuddin, "Analisis Gaya Geser Dasar pada Gedung Bertingkat dengan Konsep Perpindahan Langsung," *Tek. Sains J. Ilmu Tek.*, vol. 8, no. 2, pp. 156–162, 2023.
- [5] Badan Standarisasi Nasional, "SNI 2847-2019 Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan." 2019.
- [6] Badan Standarisasi Nasional, *SNI 1727:2020 Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung*. 2020.
- [7] Badan Standarisasi Nasional, *SNI 1827:2020 Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur lain*. 2020.
- [8] A. Ayuddin and K. R. Bindhu, "Application of Capacity Spectrum Method (CSM) for non-symmetrical reinforced concrete high-rise buildings as a tool for seismic design," *SINERGI*, vol. 27, no. 8, pp. 405–414.
- [9] A. Ayuddin and P.-C. Hsiao, "Evaluation of the Structural Performance Behavior of Hotel Building Y in Palu City, Central Sulawesi, Indonesia using the Pushover Analysis Method after the 2018 Earthquake Event (SNI Approach for Earthquake-Resistant Buildings)," *Eng. Technol. Appl. Sci. Res.*, vol. 15, no. 2, pp. 20941–20952,